

粒子画像流速測定法 (PIV) による建物周辺気流に関する研究
高・中層建物の組み合わせを対象とした PIV 測定及びガストファクターの算出

T 1 3 K 6 7 1 K 窪寺 航
指導教員 大嶋 拓也 准教授

1 研究目的

建物周辺の気流性状は地域の風向・風速、建物の形状や周辺条件、建物の風上側・風下側などの配置条件により異なり、特に高層の建物周辺では吹き降ろしや剥離流などによる強風の影響を受けやすい。この強風は風害の1つであるビル風と呼ばれ、高層建物周辺の都市居住環境の悪化が懸念される。本研究では、建物周辺の地上付近に特徴的な気流が生じる中層と高層、中層と中層の建物を組み合わせたモデルを対象として、大型境界層風洞^{*1}を用いた可視化実験及びPIV解析を行う。また、水平断面では吹き降ろしによる強風が発生する地表面居住域付近において風環境評価をする上で一つの指標であるガストファクター^{*2}(以下GFとする)をPIVにより測定した風速をもとに算出することで市街地における高層建物周辺の屋外気流性状の特性を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 実験対象モデルの概要：実験対象は、風向に対し直列に配置した中・高層2棟の建物モデル^{*3}とする。隣接する建物モデルの高さを変化させた2種類の配置条件で可視化及びハイスピードカメラによる撮影を行う。配置条件は風上側建物モデルを中層、風下側建物モデルを高層とした場合(case1)と、風上側・風下側の両方の建物モデルを中層とした場合(case2)の2caseとする。実験対象領域は建物モデル中央の鉛直断面及び

表1 実験機器の仕様

Camera	ハイスピードカメラ	Photron FASTCAM SA3
Laser	DPGL-3W	LD励起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532[nm] 出力: 3[W] 0~30[kHz]で変調可能な連続光
	DPGL-5W	LD励起Nd:YAG/YVO ₄ レーザ 波長: 532[nm] 出力: 5[W] 0~30[kHz]で変調可能な連続光
SoftWare	カメラ制御	Photron FASTCAM Viewer ver.3.3.8
	PIV解析	Flow-Expert ver1.2.10

表2 PIV解析パラメータ

測定断面	case1(中層・高層)		case2(中層・中層)	
	鉛直断面	水平断面	鉛直断面	水平断面
画像サイズ[pixel]	1024×1024			
キャリブレーション値[mm/pixel]	0.421	0.357	0.421	0.357
測定対象領域[mm]	430×430	360×360	430×430	360×360
測定時間[sec]	11	16	11	16
測定間隔	2[ms](500[fps])			
検査領域[pixel]	17×17	15×15	17×17	15×15
探索範囲[pixel]	±11×±11			

び床面から高さ4[mm]^{*4}の水平断面の2条件とし、可視化及びPIV解析を行う。

2.2 実験機器の概要：表1に実験機器の仕様を、表2にPIV解析パラメータを、図1に鉛直及び水平断面撮影時のモデル周辺の実験機器の配置を示す。図2に風洞内における実験装置の概要を示す。

2.3 GFの算出方法：気象庁が定めるGFの算出方法は10分間の内0.25秒間隔で測定した値を3秒間で平均した瞬間風速の最大値と10分間の平均風速の比により求められる。本研究ではこの算出方法に基づき2[ms]間のデータ40個を平均した瞬間風速の最大値と16秒間の平均風速の比としてGFを算出する。

$$GF = \frac{\text{最大瞬間風速 [m/s]}}{\text{平均風速 [m/s]}}$$

3 測定結果

本研究のPIV解析結果は、風洞内の基準高さ1.0[m]の風速である基準風速^{*5}1.0[m/s]に対する風速比で示す。

3.1 中層・高層の組み合わせ(case1)：図3に中・高層建物におけるPIV解析結果(case1)を示す。鉛直断面の

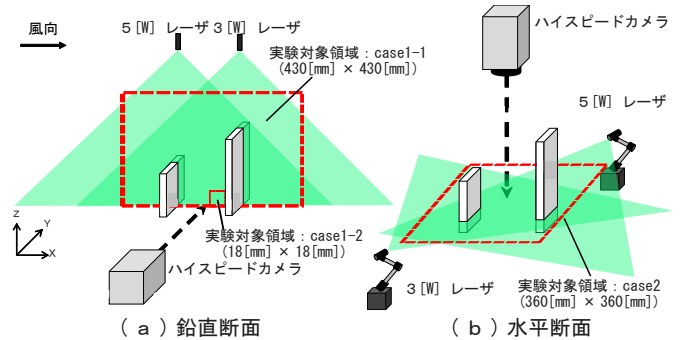


図1 鉛直及び水平断面撮影時のモデル周辺の実験機器の配置

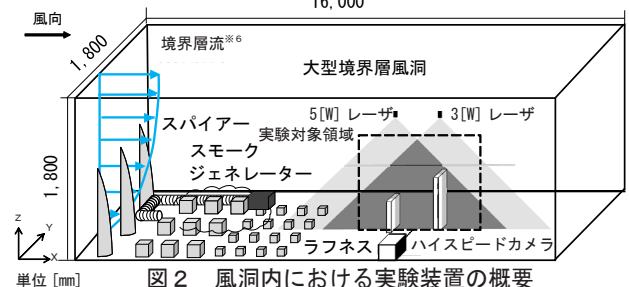


図2 風洞内における実験装置の概要

平均風速ベクトル (図3 (a)) は、隣接する2棟のモデル間で複数の比較的小規模な渦が生成、消滅を繰り返し複雑な気流場を形成する。水平断面の平均風速ベクトル (図3 (b)) は、2棟のモデル間に風速比0.2~0.5程度の気流が生じ、主風向に対して逆方向に流れる。モデル中心線を軸として概ね対称な気流分布となり、モデル間及び風上側モデル端部から広がる部分で風速が比較的速くなる。また、風下側モデルの風下側へ風速比0.3程度で回り込む気流が生じる。PIV解析結果により算出したGF (図3 (c)) は、中層モデル前方や高層モデルの周辺及び後流域で2.5を超える。一方、2棟のモデル間では1.25程度となる。

3.2 中層・中層の組み合わせ (case2) : 図4に中・中層建物におけるPIV解析結果 (case2) を示す。鉛直断面の平均風速ベクトル (図4 (a)) は隣接する2棟のモデル間に気流が流入し風速比0.05~0.15程度で渦状の気流場が形成される。水平断面の平均風速ベクトル (図4 (b)) は、2棟のモデル間に風速比0.1~0.15程度で主風向に対して逆方向に気流が生じる。また、モデル間及び風上側モデル端部から case1 より比較的やや小さく広がる部分で風速が比較的速くなる。風下側モデル後流域において風速比0.1~0.2程度で回り込む気流が生じる。GF (図4 (c)) は風上側モデルの

後流域及び風下側モデルの風上側壁面付近で2.5を超える。一方、2棟のモデル間では1.0~2.0程度となり、case1と比較してGFが大きくなる。

4 まとめ

4.1 中層・高層の組み合わせ (case1)

- ① 2棟のモデル間では複数の渦が生成、消滅を繰り返し複雑な気流場を形成する。
- ② 2棟のモデル間では風速比0.2~0.5程度で主風向に対して逆方向に気流が生じる。
- ③ 中層モデル前方や高層モデルの周辺及び後流域でGFは2.5を超える。2棟のモデル間では1.25程度となる。

4.2 中層・中層の組み合わせ (case2)

- ① 2棟のモデル間では風速比0.05~0.15程度で渦状の気流場が形成される。
- ② 2棟のモデル間では風速比0.2程度で主風向に対して逆方向に気流が生じる。
- ③ 風上側モデルの後流域及び風下側モデルの風上側壁面付近でGFは2.5を超える。2棟のモデル間では1.0~2.0程度となる。

※1 新潟工科大学所有の風洞。
 ※2 1日の瞬間風速の最大値である最大瞬間風速と10分間の測定値の平均である平均風速の比。
 ※3 建物モデルは幅20[mm]×奥行き100[mm]×高さ100[mm]の中層モデルと幅20[mm]×奥行き100[mm]×高さ200[mm]の高層モデルの2種類とし、2棟間隔は100[mm]とする。
 ※4 模型の縮尺を1/500とすると、地表面から高さ2000[mm]に相当する。
 ※5 case1・2の基準風速は1.0[m/s]である。ただしcase2の鉛直断面の平均風速ベクトル (図4 (a)) において基準風速は2.0[m/s]である。
 ※6 接近流の鉛直プロファイルは、 $U \propto Z^{1/3}$ (U: 風速、Z: 高さ) である。

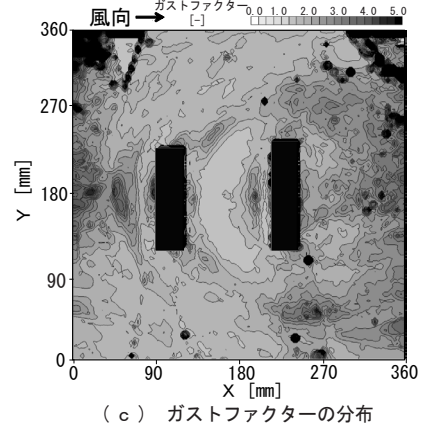
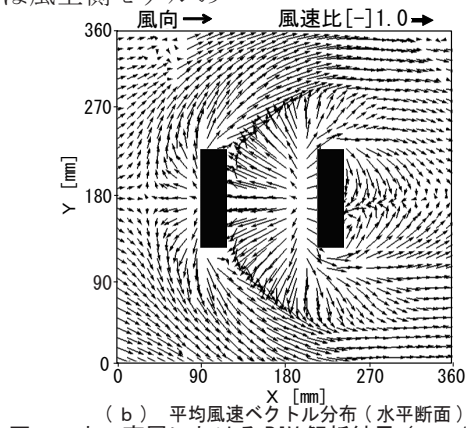
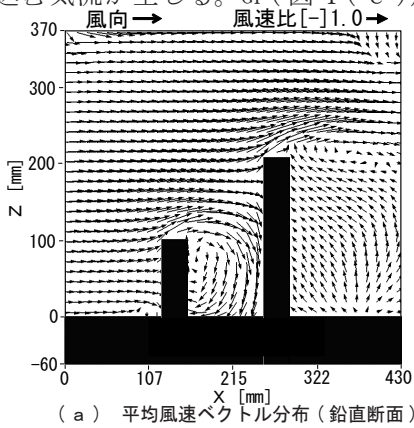


図3 中・高層におけるPIV解析結果 (case1)

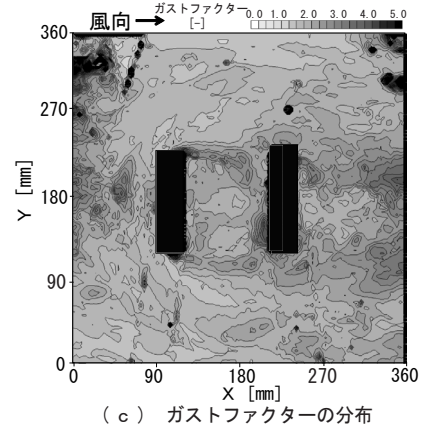
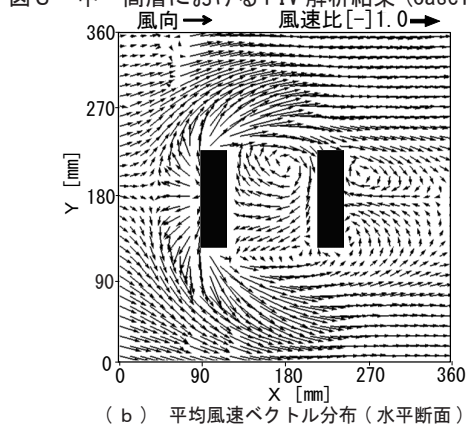
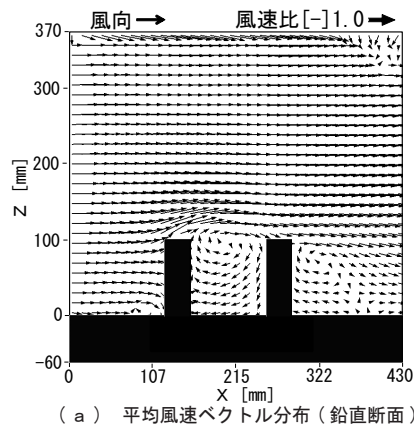


図4 中・中層におけるPIV解析結果 (case2)